



TITLE:

サービス需要を考慮した世界の鉄鋼ストック・フローの長期的推計に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

河瀬, 玲奈

CITATION:

河瀬, 玲奈. サービス需要を考慮した世界の鉄鋼ストック・フローの長期的推計に関する研究. 京都大学, 2019, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2019-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13279>

RIGHT:

許諾条件により本文は2020-09-22に公開

| | | | |
|---|--------------------------------------|----|-------|
| 京都大学 | 博士（工 学） | 氏名 | 河瀬 玲奈 |
| 論文題目 | サービス需要を考慮した世界の鉄鋼ストック・フローの長期的推計に関する研究 | | |
| <p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、世界における鉄鋼のストック及びフローの将来推計に関してこれまで物質のみを中心に開発されてきた手法をサービスにまで関連付けて発展的に改良し、鉄鋼に適用することによってその実用性を検証し、まとめたものであり、7章からなる。</p> <p>第1章は序論であり、鉄鋼利用に関する環境問題について、将来的に構築することが求められている低炭素社会及び循環型社会の視点からまとめている。</p> <p>第2章では、鉄鋼ストック・フローの推計に関する先行研究について、過去及び将来の鉄鋼ストック・フロー量の推計手法や結果の概要を紹介した。また、本研究の特徴と既往の研究における位置づけを示した。</p> <p>第3章では、本研究の全体像と推計の手順及び構築するマテリアルストック・フローモデルの概要を示し、本論文の各章にて共通で用いる情報についてまとめた。</p> <p>第4章では、第5章で構築するマテリアルストック・フローモデルへの入力情報の整備を行った。具体的には、1900～2005年の(1)鉄鋼ストック量及び鉄鋼需要量、(2)財ストック量及び需要量、(3)サービス需要量について、社会経済マクロ統計や物量フロー統計、サービス量の統計などの整合が取れるように調整計算により推計した。主な結果は、次の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none">・鉄鋼需要量は1980年代までは先進諸国が80%以上を占めていたが、以降は途上国の占めるシェアが増加し、2005年には9.2億トンに達し、うち57%を途上国が占めた。また財別では、1950年以降、建築物及び土木構造物が急激に増加し、合計で52%を占めるに至っている。・鉄鋼ストック量は過去50年に年率4.0%で増加し2005年には163.5億トンに達し、そのうち先進国が60%を占めていることを示した。また財別では、耐用年数の長い建築物及び土木構造物の合計のシェアが大きく2005年に71%となった。・2005年の世界の一人あたり鉄鋼ストック量は2.5トン／人で、カナダの12.2トン／人が最大である。先進国は、日本及び西欧諸国が約7トン／人以上、ロシアと東欧諸国及びトルコが3～5トン／人と大きな幅があった。それ以外の地域では、地震地帯であり建築物の物質密度が大きく、業務床面積の占める割合の大きなシンガポール、韓国や台湾で約10トン／人に達したが、その他の地域はすべて4トン／人未満であった。 <p>第5章では、マテリアルストック・フローモデルのうち、サービス需要や鉄鋼需要を推計する需要推計モジュールを構築し、2005～2050年を対象に、サービスは11種、財は37種の分類にて、35地域区分の世界に適用した。また、サービス需要の管理、財ストックの効率改善及び素材の高性能化の対策導入率の異なる3つのシナリオ（なりゆき、トレンド、対策）について分析した。主な結果は、次の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none">・世界のサービス需要量は、2050年には対2005年比で1.1～3.3倍となり、特に発電や生産指数を駆動力とする工業用水や貨物輸送で大きな値となった。このサービスを供給するための財ストック量は、なりゆきシナリオのトラックで4.4倍となった他は、1～3.8倍の範囲となった。地域別にみると、サービス需要量や財ストック量 | | | |

| | | | |
|---|---------|----|-------|
| 京都大学 | 博士（工 学） | 氏名 | 河瀬 玲奈 |
| <p>の変化比は、アジアやアフリカにて 10 倍以上となるものもあった。</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界の鉄鋼ストック量は 2050 年に 409～ 539 億トン（対 2005 年比 2.5～3.3 倍）となり、いずれのシナリオでも建築物と土木構造物の合計のシェアが約半分であった。増加量が最大であるのは増加量の 36～39%を占める建築物であった。世界の一人あたり鉄鋼ストック量は対策を行うことにより、5.8 トン／人から 4.4 トン／人に削減可能である。 世界の鉄鋼需要量は 2050 年に 20～30 億トン（対 2005 年比 1.7～2.6 倍）であり、機械類が 30～32%で最大のシェア、また、中国が約 3 分の 1 を占めた。 なりゆきシナリオからの削減ポテンシャルは、鉄鋼ストック量が 24%、鉄鋼フロー需要量が 33%であり、最も削減に寄与する対策はサービス需要の管理で、鉄鋼ストック量では 58%、鉄鋼需要量では 50%の寄与率であった。鉄鋼ストック量の削減ポテンシャルは、道路の寄与率が 25%で最大、地域別では中国が 28%の削減率で世界の 40%を占めた。鉄鋼需要量の削減ポテンシャルを財別にみると距離別輸送シェアの変化やトリップ発生原単位の減少により輸送機器が 33%で最大であった。 鉄鋼需要強度は、地域により逆 U 字や N 字の形状となり、一人あたりストック量は、一人あたり GDPppp が 30,000 国際ドルを超えると増加率が緩やかになる。45,000 国際ドル前後でも一人あたり鉄鋼ストック量は必ずしも飽和に至るとは限らず約 2 倍の幅がある。 <p>第 6 章では、マテリアルストック・フローモデルのうち、素材生産・循環モジュールを構築し、財の貿易や炉の技術進歩シナリオ、受給バランスやスクラップ余剰を粗鋼生産の決定要因とする製鋼法選択シナリオに加え、スクラップの供給側および需要側の制約を考慮して粗鋼生産量を製鋼法別に推計し、鉄鋼部門からの CO₂ 排出量の削減ポテンシャルを推計した。主な結果は、次の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 社会における鉄鉱石採取、一次製品から最終製品までの一連の製造過程、財生産への投入・蓄積、製造過程やストック減耗由来のスクラップ発生及び、再生利用の鉄鋼ストック・フローを網羅的に定量的に示した。 スクラップ回収量は 2050 年には 14.0～18.8 億トンに達し、資源生産性は最大 2.5 倍改善された。しかし、粗鋼生産量よりも少ないため、現状と変わらない程度の鉄鉱石が必要であることが分かった。その結果、21 世紀後半には、いずれのシナリオでも鉄鉱石が枯渇する可能性が示された。 スクラップのリサイクル率（老廃スクラップ回収量／老廃スクラップ潜在発生量）は、2005～2015 年は 55%程度であったが、老廃スクラップの回収率を 90%と見込むと、2050 年には 77%となった。 需要側が求める鋼材の質からの制約により、転炉から電炉への生産シフトには制約が生じることが示された。また、転炉鋼の需給バランスを重要視しない、もしくは、スクラップ供給地域での消費を優先すると転炉鋼のシェアが大きく、スクラップの供給地域での消費を重要視しない条件下では電炉鋼のシェアが増加した。 鉄鋼部門からの CO₂ 排出量の削減ポテンシャルは、2012 年からは 66%、なりゆきシナリオからは 77%の削減率となり、鉄鋼需要量の削減が最も寄与が大きく全体の 38%を占めた。 <p>第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p> | | | |

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、持続可能な社会における物質利用の在り方を検討するため、これまで物質のみを中心に開発されてきた物質ストック・フロー推計の手法を、物質ストック需要を発生させるサービスにまで関連付けて発展的に改良し、鉄鋼に適用することによってその実用性を検証したものである。本論文の学術的意義は、以下の通りである。

- 1) 本論文では、物質ストック・フローの推計に対し、物質フローの駆動力がストックである点に着目し、ストック及びそのストックが供給するサービスにまで拡大し、社会経済及びサービス需要の変化を通じた物質ストック・フローの変化を網羅的にモデル化する手法を考案した。本論文で提案・工夫された手法は、社会・経済的及び技術的变化に対する頑健性に富み、世界における物質ストック・フロー推計の手法として有効である。
- 2) 本論文では、物質ストック・フロー推計における定量的分析手法の適応性を高めるために、地域を 35 地域、サービスを 11 種、財を 37 種に分類して適用しており、それぞれの地域、サービス、財別の社会経済的及び技術的対策、各地域の素材生産やリサイクルに対する不確実性の幅を将来シナリオに盛り込み、エネルギー集約素材である鉄鋼に適用することで、将来の社会・経済的及び技術的变化による世界における鉄鋼ストックやフロー量、及び鉄鋼生産に伴う二酸化炭素排出量の削減ポテンシャル推計手法を提案した。
- 3) 提案手法を 2050 年までの世界に適用し、予想される経済成長の下で、物質フロー削減のための各種施策の実施により 2050 年における鉄鋼ストック量及び鉄鋼フロー需要量は、なりゆきシナリオからそれぞれ 24%、33%削減可能となるが対 2005 年比では 1.7~2.6 倍の増加となることが示された。また、最も削減に寄与する対策はサービス需要の管理で 50%以上の寄与率であること、これにより鉄鋼の利用効率は最大 1.5 倍改善され、二酸化炭素排出量は 2012 年から 66%削減されることを各種対策の貢献度に関する定量的かつ詳細な設計により提示している。

以上のように、本論文は、世界における物質利用の在り方を検討するにあたり、社会・経済的变化に対する頑健性に富む手法を提案・検証したものであり、社会的重要性が高く、また、その研究成果は、循環型社会を基盤とする世界の低炭素社会実現にも大きく貢献するものであって、学術上、實際上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和元年 8 月 21 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。